

**DE10229250**

Publication Title:

Leistungssteuerung für Dampfkreisprozesse

Abstract:

Abstract not available for DE10229250

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

-----  
Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

**BEST AVAILABLE COPY**



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 29 250 A1 2004.01.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 29 250.7

(22) Anmeldetag: 28.08.2002

(43) Offenlegungstag: 15.01.2004

(51) Int. Cl.: F01K 13/02

(71) Anmelder:  
ENGINION AG, 13355 Berlin, DE

(72) Erfinder:  
Hoetger, Michael, 13503 Berlin, DE

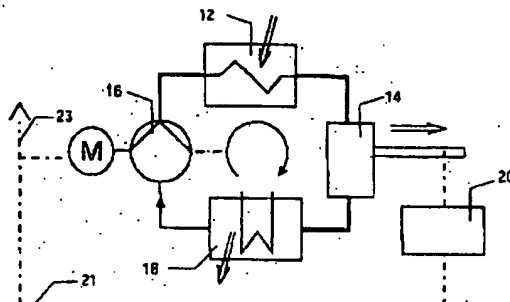
(74) Vertreter:  
Welsse und Kollegen, 42555 Velbert

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Leistungssteuerung für Dampfkreisprozesse

(57) Zusammenfassung: Ein Expansionskreisprozess (10), enthaltend Mittel zur Erzeugung eines heißen Rauchgasstroms, einen von dem Rauchgasstrom beaufschlagten Durchlaufdampfzeuger (12), und eine Pumpe (16) zur Erzeugung eines Massenstroms eines Arbeitsmediums in dem Dampfzeuger (12), ist gekennzeichnet durch Mittel (20) zur Einstellung des Arbeitsmittelmassenstroms in dem Dampfzeuger (12) auf einen gewünschten Wert. Die Expansionsmaschine für das Arbeitsmittel kann eine Rotationskolben-Expansionsmaschine (10) sein. Es sind Mittel zur Optimierung des Wirkungsgrads vorgesehen, bei denen die Brennerleistung und der durch die Pumpe (16) geförderte Arbeitsmittelmassenstrom jeweils auf einen Wert regelbar sind, bei dem sich eine gewünschte Leistung der Expansionsmaschine einstellt.



**Beschreibung****Technisches Gebiet**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Expansionsmaschine enthaltend Mittel zur Erzeugung eines heißen Rauchgasstroms, einen von dem Rauchgasstrom beaufschlagten Dampferzeuger, und eine Pumpe zur Erzeugung eines Massenstroms eines Arbeitsmediums in dem Dampferzeuger.

[0002] Unter einer Expansionsmaschine soll hier eine Kraftmaschine verstanden werden, die mit einem gas- oder dampfförmigen Arbeitsmedium arbeitet. Das Arbeitsmedium steht unter Druck. Als Arbeitsmedium ist insbesondere Wasserdampf geeignet, der unter Abgabe von Arbeit entspannt wird. Eine Verbrennung findet außerhalb der Kraftmaschine statt, um das Wasser zu verdampfen. Zu unterscheiden sind davon Kraftmaschinen mit innerer Verbrennung, wie z.B. ein Zweitaktmotor, bei denen ein Brennstoff innerhalb der Kraftmaschine verbrannt wird. Bei solchen Expansionsmaschinen wird das Arbeitsmedium unter Druck in eine Expansionskammer eingeleitet. Die Expansionskammer ist von einem "Kolben" begrenzt. Der Druck des Arbeitsmediums wirkt auf den Kolben und bewegt diesen, wobei mechanische Arbeit abgegeben wird. Dabei vergrößert sich die Expansionskammer. Das Arbeitsmedium wird nach Maßgabe dieser Vergrößerung entspannt. Das entspannte Arbeitsmedium tritt dann nach einem bestimmten Weg des Kolbens an einem Auslass aus.

[0003] Die Expansionsmaschine kann eine Maschine sein, bei welcher sich ein Kolben linear in einem Zylinder bewegt und mechanische Arbeit über eine Pleuellwelle abgibt, wobei die Expansionskammer in dem Zylinder vor der Stirnfläche des Kolbens gebildet wird. Der "Kolben" kann aber auch ein "Rotationskolben" einer Rotationskolbenmaschine sein. Ein Beispiel einer als Rotationskolbenmaschine ausgebildeten Expansionsmaschine ist eine Flügelzellenmaschine. Weitere Beispiele sind der Wankelmotor, Schraubverdichter und Roots-Maschinen. Eine Flügelzellenmaschine enthält ein Gehäuse, das eine Gehäusebohrung aufweist. Ein Rotor ist exzentrisch zu der Gehäusebohrung drehbar gelagert. Eine Mehrzahl von Flügelschiebern sind radial beweglich in dem Rotor geführt. Die Flügelschieber liegen an der Innenwandung der Gehäusebohrung an, so dass zwischen benachbarten Flügelschiebern, der Innenwandung und dem Rotor als Flügelkammern ausgebildete Expansionskammern gebildet sind. Über einen Einlass wird Arbeitsmedium unter Druck in einer Einlassposition jeder Expansionskammer, in welcher diese Expansionskammer ein relativ geringes Volumen hat, in diese Expansionskammer eingeleitet. Über einen Auslass tritt das entspannte Arbeitsmedium in einer Auslassposition jeder Expansionskammer, in welcher die Expansionskammer ein relativ großes Volumen hat, aus der Expansionskammer aus. Der "Kolben" ist hier der Rotor mit den Flügel-

schiebern. An der Welle des Rotors kann die mechanische Arbeit abgegriffen werden.

[0004] Die Erfindung wird der Anschaulichkeit halber nachstehend anhand einer solchen Flügelzellenmaschine erläutert. Die Erfindung ist jedoch nicht auf eine solche Flügelzellenmaschine beschränkt.

[0005] Bei solchen Expansionsmaschinen sind verschiedene Bedingungen miteinander in Einklang zu bringen: Die bei jedem "Hub", also z. B. jeder Drehung einer Flügelkammer einer Flügelzellenmaschine aus der Einlassposition in die Auslassposition aufgenommene und expandierte Masse muss ausreichend groß sein. Weiterhin muss ein ausreichender Eingangsdruck vorliegen. Das ist der Druck, unter dem das Arbeitsmedium steht, wenn es über den Einlass in die Flügelkammer eingeleitet wird. Weiterhin ist ein Ausgangsdruck vorgegeben. Das ist z. B. Atmosphärendruck, bei welchem das Arbeitsmedium aus der Expansionskammer wieder austritt. Die Expansion des Arbeitsmediums in der Expansionsmaschine ist andererseits bestimmt durch das Verhältnis der Volumina der Expansionskammer in der Einlassposition und in der Auslassposition. Das sind rein geometrisch bestimmte Größen, die durch die Ausbildung des Kolbens und der Expansionskammer festgelegt sind. Die Expansionsmaschine arbeitet dann mit konstanter Leistung.

[0006] Die von einer Expansionskraftmaschine pro Zyklus abgegebene Arbeit ergibt sich bekanntermaßen aus einem p-V-Diagramm. Man kann zur Variation der Arbeit pro Zyklus einer Expansionskraftmaschine das Expansionsvolumen, also das Volumen auf welches das Arbeitsmedium expandiert wird, verändern. Das ist schwierig. Einfacher ist die Änderung des Einlassvolumens durch variable Steuerwinkel (Hubkolbenmaschinen) oder durch Änderung des Einlassdampfzustandes (Druck/Temperatur). Letzteres eignet sich vor allem bei reinen Strömungsmaschinen wie die Turbine.

**Stand der Technik**

[0007] Es ist bekannt, bei Strömungsmaschinen eine Einstellung unterschiedlicher Leistungen durch Variation des Einlassdampfdruckes bzw. der Temperatur zu ermöglichen. Die Einstellung bei einer solchen Expansionsmaschine erfolgt durch Einstellung der Brennerleistung und der Wasserpumpe und kann auf diese Weise an den Bedarf angepasst werden. Zur Verringerung der Leistung wird dem Brenner zum Beispiel weniger Brennstoff zugeführt und so die Brennerleistung verringert. Dadurch wird weniger Wärmeenergie auf das Arbeitsmedium übertragen, wodurch Druck und Temperatur fallen. Umgekehrt kann zur Erhöhung der Leistung die Brennerleistung erhöht werden.

[0008] Die Einstellung der Leistung über den Brenner hat den Nachteil, dass die Werte nur mit sehr grober Einstellgenauigkeit verändert werden können. Weiterhin ist die Einstellung der Leistung träge, wo-

durch auch eine Regelung auf einen eingestellten Wert verlangsamt und erschwert wird. Die Brenner-temperatur ist auch nur in vorgegebenen Grenzen steuerbar. Unterhalb einer Grenztemperatur ist keine ökonomische Verbrennung mehr möglich und der Schadstoffausstoß steigt stark an. Oberhalb einer oberen Grenztemperatur ist das Material zu stark belastet und auch hier steigt die Schadstoffbelastung. [0009] Es ist weiterhin bekannt, die Leistungsregelung über ein Einlassorgan vorzunehmen. Der Brenner arbeitet mit konstanter maximaler Temperatur. Durch Steuerventile am Einlass der Expansionskammer wird dann der in die Expansionskammer eingelassene Massenstrom kontrolliert. Hierfür sind aufwendige Ventile und eine Steuermechanik erforderlich. Ein Versagen der Teile ist mit hohem Service-Aufwand verbunden.

#### Offenbarung der Erfindung

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Leistung einer Expansionsmaschine der eingangs genannten Art schnell und präzise zu verändern.

[0011] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch Mittel zur Einstellung des Massenstroms in dem Dampfzeuger auf einen gewünschten Wert. Die Leistung der Expansionsmaschine kann dann über die Förderleistung der Pumpe eingestellt werden. Dieser Vorgang ist erheblich schneller als die Einstellung mittels des Brenners. Dieser hat somit die Funktion, die Dampftemperatur auf einen voreingestellten Wert zu regeln. Die Förderleistung der Pumpe wird auf einen Wert eingestellt, welcher einer gewünschten Leistung bei der vorliegenden Dampftemperatur entspricht. Dabei kann eine Leistungssteuerung zusätzlich mit dem Brenner erfolgen. Die Feineinstellung erfolgt aber auch in diesem Fall mit dem Massenstrom, d. h. mit der Förderleistung der Pumpe. Dies ist insbesondere bei solchen Maschinen vorteilhaft, bei denen das Volumen des Wärmetauschers klein ist. Weiterhin ist kein gesteuertes Einlassorgan erforderlich. Es braucht nur eine Expansionsmaschine verwendet werden, die geeignete Öffnungswinkel ihrer Expansionszylinder oder -zellen haben. Das erlaubt einen optimalen Füllgrad. Gegenüber übliche Hubkolben- oder Wankelmotoren wird der Wirkungsgrad verbessert. Bei diesen würden bei ständig geöffneten Einlassorganen zu viel Dampf bis an den Steuerwinkel Auslass Öffnet ansaugen, so dass keine Expansion stattfindet und der gesamte Einlassdampf in den Auslass entweicht.

[0012] Vorzugsweise ist die Expansionsmaschine eine Rotationskolben-Expansionsmaschine. Die Verwendung eines Rotationskolbens, insbesondere mit Flügelzellen, ermöglicht die Leistungseinstellung besonders effektiv und ohne große Wirkungsgradverluste, wie sie etwa bei Turbinen auftreten. Das Volumen wird durch die Kinematik dieser Maschine vom Einlass wegtransportiert und abgeschlossen. Die

Leistungsregelung erfolgt ausschließlich über den Zustand des Arbeitsmediums.

[0013] Der Brenner kann als Porenbrenner ausgestaltet sein. Dieser kann mit einer Vielzahl von Brennstoffen arbeiten und ist aufgrund seiner Flexibilität auch zur Leistungseinstellung sehr gut geeignet. Es können aber auch andere Brenner, die mit unterschiedlicher Leistung betreibbar sind eingesetzt werden. Vorzugsweise sind Mittel zur Optimierung des Wirkungsgrads vorgesehen, bei denen die Brennerleistung und der durch die Pumpe geförderte Massenstrom jeweils auf einen Wert regelbar sind, bei dem sich eine gewünschte Leistung einstellt. Zu jeder Leistung gibt es wenigstens eine Wertepaar aus geförderten Massenstrom und Brennerleistung, bei welchem der Wirkungsgrad optimal ist. Diese Wertepaare können dann gespeichert oder auf andere Weise ermittelt werden und dienen dann als Sollwert bei der Regelung der Pumpenleistung und der Brenner-temperatur. Die Leistung der Pumpe kann aber auch unabhängig von der Brennerleistung eingestellt werden. Dabei kann die Regelung auf der Pumpe über ihre Drehzahl oder den erzeugten Druck als Regelungsgrößen erfolgen.

[0014] Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Ein Ausführungsbeispiel ist nachstehend unter Bezugnahme auf die beigegebenen Zeichnungen näher erläutert.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Fig. 1 zeigt schematisch eine Expansionsmaschine mit einstellbarer Pumpenleistung

[0016] Fig. 2 zeigt einen typischen auf eine Temperatur geregelten Temperaturverlauf eines Brenners

[0017] Fig. 3 zeigt einen typischen Druckverlauf bei Regelung der Förderleistung Pumpe auf zwei verschiedene Druckniveaus

[0018] Fig. 4 zeigt einen typischen Leistungsverlauf, der zu dem Druckverlauf aus Fig. 3 und dem Temperaturverlauf aus Fig. 2 korrespondiert

#### Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

[0019] In Fig. 1 ist schematisch der Dampfkreisprozess 10 einer Rotationskolben-Expansionsmaschine 10 dargestellt. Der Dampfkreisprozess umfasst eine Expansionsmaschine 14 und einen Durchlaufdampf-zeuger 12. Der Durchlaufdampfzeuger 12 ist mit dem heißen Rauchgas eines Brenners beaufschlagt. Der Kreisprozess umfasst weiterhin eine drehzahlregelbare Speisewasserpumpe 16 und einen Kondensator 18. Der Durchlaufdampfzeuger 12 ist von Wasser oder Wasserdampf durchflossen. Das Wasser oder der Wasserdampf steht dabei unter einem erhöhten Druck, welcher von einer Pumpe 16 erzeugt wird. Dem Wasser oder Wasserdampf wird eine Wärmemenge  $\Phi_{\text{H}}$  aus dem Rauchgas zugeführt. Dadurch wird der Wasserdampf auf eine hohe Temperatur und ein höheres Druckniveau gebracht. Die innere Ener-

gie steigt. In einer Rotationskolbenmaschine 14 wird der Wasserdampf entspannt. Dabei sinkt der Druck wieder auf ein niedrigeres Druckniveau. Bei dieser Entspannung wird Arbeit frei.

[0020] Der entspannte Wasserdampf wird dann einem Kondensator 18 zugeführt, in welchem er kondensiert wird, damit das Wasser für den Kreisprozess weiter zur Verfügung steht. Dabei wird die Wärmemenge  $\Phi_c$  frei. Das kondensierte Wasser wird erneut der Pumpe 16 zugeführt.

[0021] Die Förderleistung der Pumpe ist einstellbar. Dadurch ist der Massenstrom durch den Dampferzeuger 12 veränderbar. Bei unveränderter Brenner-temperatur und Volumenänderung ändert sich die Leistung der Expansionsmaschine proportional zum Massenstrom. Durch Einstellmittel 20 kann die Leistung der Expansionsmaschine eingestellt werden. Die Einstellmittel wirken auf die Pumpe 16. Dabei wird eine Leistung vorgegeben und die Pumpe auf einen Wert geregelt, bei dem die gewünschte Leistung erzeugt wird. Dies ist durch eine gestrichelte Linie 21 dargestellt. Weiterhin wird das Brennstoff-Luft-Zufuhr zur Einstellung der Brennerleistung geregelt. Dies ist durch einen Pfeil 23 dargestellt.

[0022] In Fig. 2 ist ein Graph 22 dargestellt, der den Verlauf der Brenner-temperatur über der Zeit darstellt. Die Brenner-temperatur wird auf einen Wert T<sub>1</sub> geregelt. In Fig. 3 ist ein Graph 24 dargestellt, der den Verlauf des Drucks im Wärmetauscher 12 über der Zeit t darstellt. Der Druck p wird bis zu einem Zeitpunkt t<sub>0</sub> auf einen Wert p<sub>1</sub> geregelt. Dabei wird zunächst der tatsächliche Druck ermittelt und mit dem Sollwert p<sub>1</sub> verglichen. Liegt der tatsächliche Druck nicht innerhalb eines Intervalls um den Sollwert, so wird die Förderleistung der Pumpe 16 verändert, bis der tatsächliche Druck wieder innerhalb dieses Intervalls liegt.

[0023] Am Zeitpunkt t<sub>0</sub> wurde durch die Einstellmittel 20 die Leistung der Maschine auf einen niedrigeren Wert eingestellt. Über die Einstellmittel 20 wird nun ein neuer, niedrigerer Sollwert p<sub>2</sub> für den Druck im Wärmetauscher 12 ermittelt. Der tatsächliche Druck wird dann auf den neuen Sollwert ähnlich wie bei dem ursprünglichen Sollwert geregelt. Die Leistung W der Expansionsmaschine folgt dabei quasi ohne Verzögerung dem Druckverlauf im Wärmetauscher. Dies ist mit dem Verlauf der Leistung 26 in Fig. 4 dargestellt.

[0024] Wenn die Leistung über die Temperatur des Brenners und zugleich über den Druck im Wärmetauscher eingestellt werden soll, so wirken die Einstellmittel auch auf die Brennstoff/Sauerstoffzufuhr des Brenners. Für jede Leistung werden dann die Brenner-temperatur und die Pumpenleistung eingestellt, bei der der optimale Wirkungsgrad der Maschine erreicht wird.

(a) Mittel zur Erzeugung eines heißen Rauchgasstroms,

(b) einen von dem Rauchgasstrom beaufschlagten Dampferzeuger (12), und

(c) eine Pumpe (16) zur Erzeugung eines Massenstroms eines Arbeitsmediums in dem Dampferzeuger (12),

gekennzeichnet durch

(d) Mittel (20) zur Einstellung des Massenstroms in dem Dampferzeuger (12) auf einen gewünschten Wert.

2. Expansionsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsmaschine eine Rotationskolben-Expansionsmaschine (10) ist.

3. Rotationskolben-Expansionsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner als Infrarotstrahlungsbrenner oder Porenbrenner ohne freie Flamme ausgestaltet ist.

4. Rotationskolben-Expansionsmaschine nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner mit unterschiedlicher Leistung betreibbar ist.

5. Rotationskolben-Expansionsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Optimierung des Wirkungsgrads vorgesehen sind, bei denen die Brennerleistung und der durch die Pumpe (16) geförderte Arbeitsmittelmassenstrom jeweils auf einen Wert regelbar sind, bei dem sich eine gewünschte Leistung der Expansionsmaschine einstellt.

6. Rotationskolben-Expansionsmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Einstellung des Brennstoff-Luft-Gemischmassenstroms zur Einstellung der Brennerleistung vorgesehen sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Expansionsmaschine (10) enthaltend

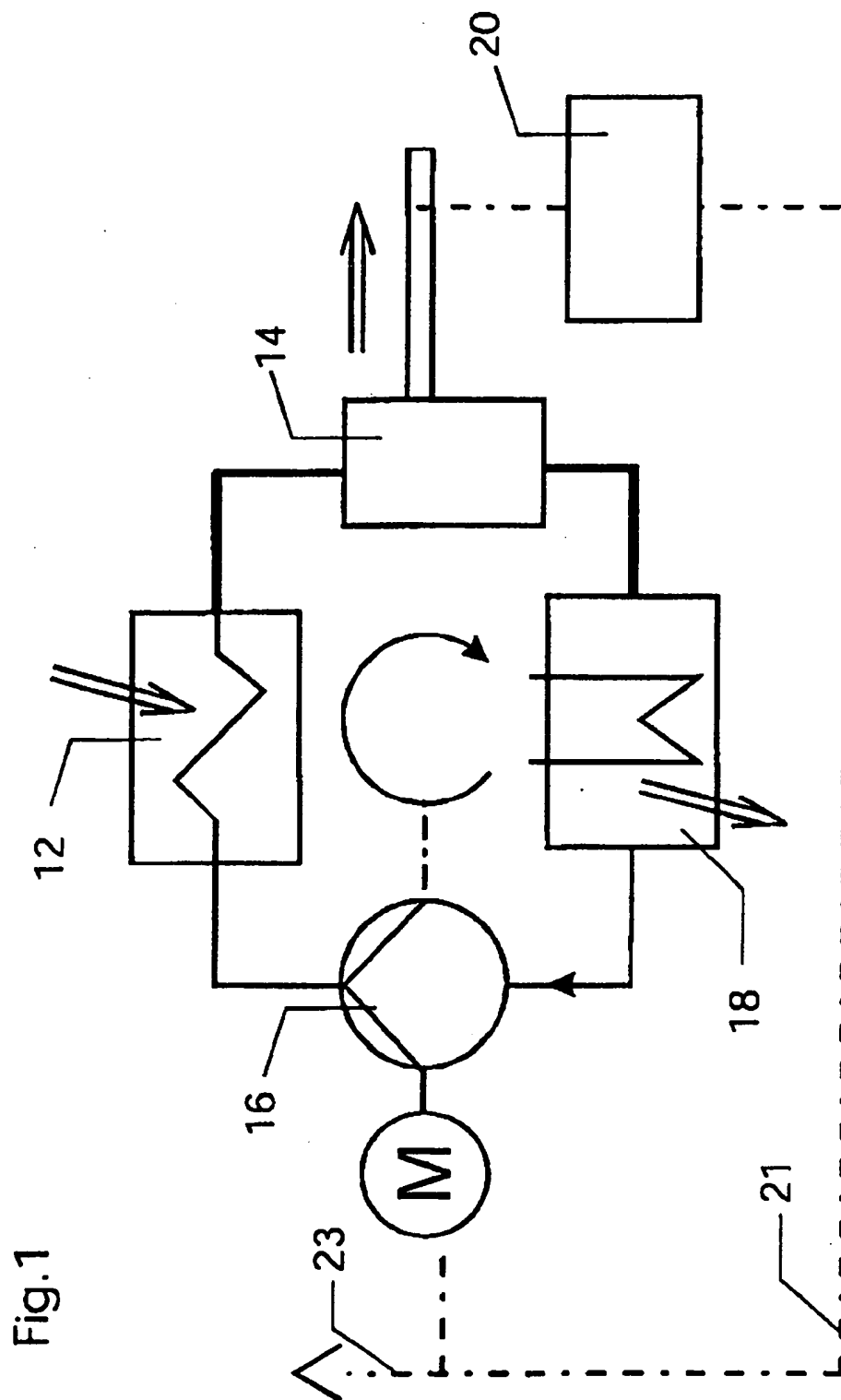


Fig.1

Fig.2

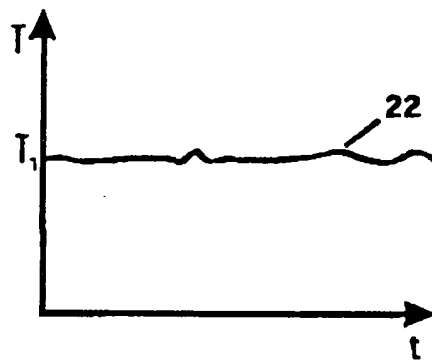


Fig.3

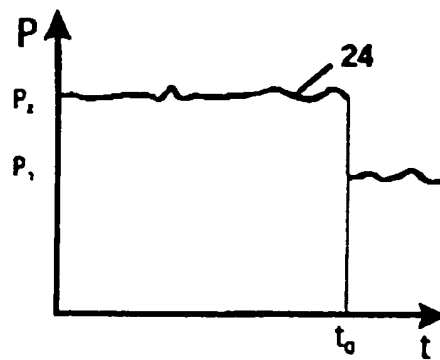
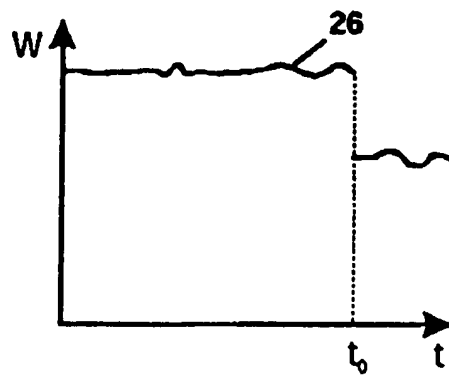


Fig.4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**